

管道内部漏磁检测装置研究

申庆徽, 姜琳

(山东科技大学 理学院, 山东 青岛 266510)

摘要:针对管道内壁缺陷,通过分析纵向和横向缺陷的特点,设计了纵向和横向缺陷的漏磁检测装置。为了增加测量的精度,选择体积小、灵敏度高的霍尔传感器 HW-302B 作为检测元件,并利用阵列排布方式消除了检测盲区。测量过程中采用直流力矩电机带动传送轮驱动管道行进,使得管道在螺旋前进中实现对其全长的测量。电机的方向和转速可以通过 STC 单片机来控制 and 调节。

关键词:磁化;纵向/横向缺陷;霍尔传感器;电机

中图分类号: TM936

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2011)03-0091-04

Research on the Detecting Device of Magnetic Flux Leakage in Pipelines

SHEN Qinghui, JIANG Lin

(College of Science, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266510, China)

Abstract: In view of the inner defects in steel pipes, the detecting device for longitudinal and transverse defects was designed in the paper through analyzing the characteristics of pipes. The Hall sensor HW-302B with small volume and high sensitivity was chosen as detecting element to increase the accuracy of detection and eliminate the blind spots by arrangement of arrays. In order to move the pipe helically, the DC torque motor was used to drive the transmitted wheels so as to detect the whole pipe. The direction and velocity of the motor were regulated and controlled by the STC monolithic computer.

Key words: magnetization; longitudinal and transverse defects; Hall sensor; motor

石油、天然气等管道设施在国民经济中占有极为重要的战略地位,但由于长期与强腐蚀性介质接触,其腐蚀问题及其危害显得更为突出和严重。常见的管道缺陷检测方法有漏磁法、涡流法及超声波法,其中漏磁通检测由于检测精度高且对试样表面清洁度要求较低,所以是目前应用最广泛的管道检测方法。对于漏磁检测的研究国外起步较早,德国、美国、日本已结合此项技术研制出了各种智能检测爬行机(intelligent pig 或 smart pig)并获得了成功的经验^[1-2]。相比而言,我国的管道检测技术仍处于起步探索阶段^[3]。在漏磁检测技术中磁化是实现检测的关键步骤,因而设计了内部检测装置的磁化部分并提出了检测装置的传输方案。

1 磁化部分设计

1.1 内部磁化方案

从管道缺陷的特征来说可以分为内部缺陷和外部缺陷两种,由于内部缺陷不易被发现且蔓延规律不易掌握^[4],相对比较危险。因而本研究选择内部缺陷作为研究对象,并且将励磁装置设计在管道内部。另外,由于实验条件和实验水平的限制,所提及的管道设施为室内未服役管道。

常见的外部励磁如图 1 所示,磁回路一般由永久磁铁、衔铁、钢管、气隙等部分组成,形成完整的磁回

收稿日期: 2010-12-07

基金项目: 山东科技大学科学研究“春蕾计划”项目(2009AZZ078)。

作者简介: 申庆徽(1980—),女,山东泰安人,讲师,主要从事测控技术与仪器方面的研究。E-mail: qhshen@126.com.

路^[5]。被检铁磁材料试件进行局部磁化后,在试件内部的磁力线分布均匀,但当材料表面出现裂纹或坑点等缺陷时,磁力线发生弯曲、畸变扩散到试件外面,形成缺陷表面局部区域的漏磁场^[6-7]。设计的内部励磁如图2所示。与图1比较可知,这种方法利用管壁形成励磁回路,可以减少衔铁的使用,并且能节省空间。

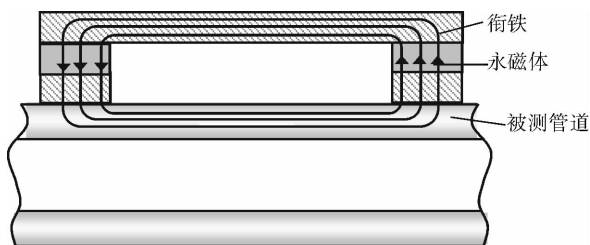


图1 外部励磁装置示意图

Fig. 1 The exterior incentive magnetic device

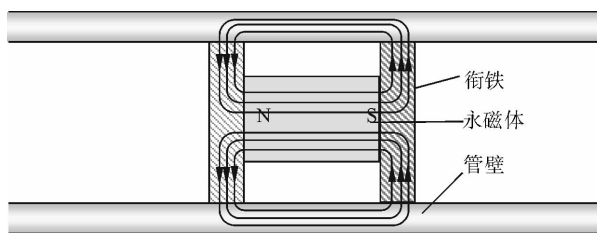


图2 内部励磁装置示意图

Fig. 2 The interior incentive magnetic device

1.2 横向和纵向缺陷的磁化装置

根据管道缺陷的形状特征,通常把缺陷分为两种情况:垂直于轴向(横向),如沿圆周走向的裂纹、孔洞和腐蚀坑等;平行于轴向(纵向),如管道的偏磨、劈缝等。文献[8]通过实验指出:磁化场垂直于缺陷时,磁粉显现的缺陷最清楚;磁化场倾斜于缺陷时,磁粉显现缺陷的能力变差了;而磁化场平行于缺陷时,则磁粉不显现缺陷。此实验表明,缺陷与磁力线垂直时,较容易被检测到,检测灵敏度较高,反之则灵敏度较低,因此对于不同方向的缺陷需要有不同的磁化方向。

根据上述讨论,对管道内部横向缺陷,应采用沿管道轴线方向磁化,并沿管道圆周布置磁测量元件的检测方法。检测过程中,管道沿轴向运动,即可实现对缺陷部位的扫描和探测,这种探测方法称为横向检测法,如图3所示。对管道中沿纵向分布的缺陷,磁场应该沿着管道圆周,检测元件沿管道轴向布置,此时可以使管道做旋转运动,探头沿管道周向扫描并探测缺陷,这种检测方法称为纵向检测法,如图4所示。因此,要实现管道横向、纵向缺陷的检测,需要两种类型的探头:横向缺陷检测探头和纵向缺陷检测探头^[9]。

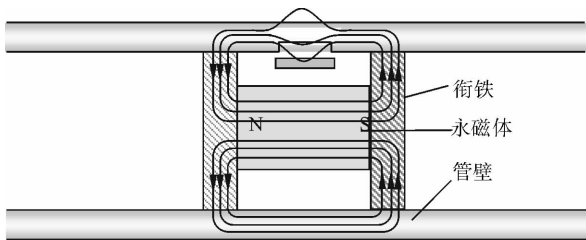


图3 横向缺陷检测原理图

Fig. 3 The principle diagram of transverse defect detection

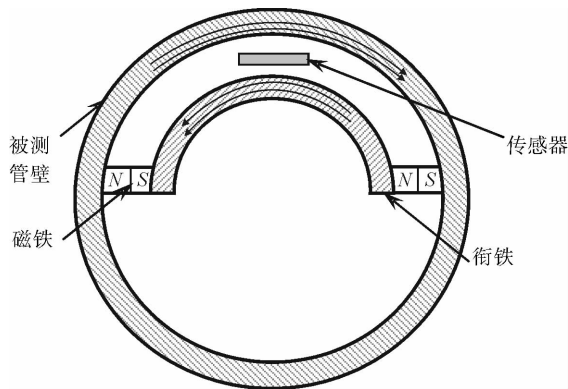


图4 纵向缺陷检测原理图

Fig. 4 The principle diagram of longitudinal defect detection

2 检测部分

2.1 传感器的选择

集成霍尔元件是在漏磁检测中应用最广泛的一种传感器。虽然霍尔元件的灵敏度、空间分辨力和覆盖范围等由其敏感区域的几何尺寸、形状以及晶体性质决定,通常低于磁敏二极管和磁敏三极管,但由于其制造工艺成熟,稳定性和温度特性等均较好,更由于霍尔元件的输出电势与检测元件相对于磁场的运动速度无关,因此在磁场测量中得到广泛应用。此外,随着集成电路技术的发展,霍尔感应元件和线性集成电路相结

合生产出的集成霍尔元件,具有很高的线性灵敏度,大大简化了后续处理电路,增强了检测信号的可靠性和稳定性。

选择 HW-302 B 作为传感器来检测漏磁场信号,这种传感器都具有线性度高、温度特性好、测量精度高、体积小等优点。HW-302 B 的外型尺寸为 $2.7\text{ mm} \times 2.35\text{ mm} \times 0.95\text{ mm}$,其体积小特点可以使得在安装时磁敏感部位能尽量贴近管道壁,减小提离值,增加测量的准确度。另一方面,这种小尺寸的传感器更加便于安装,同时可以增加阵列排布时的密度。

2.2 传感器的排布方式

横向缺陷检测探头采用圆周方向排列,根据管道的规格及励磁要求确定永久磁铁的尺寸,实现管道的局部饱和磁化。当管道中存在横向缺陷时,饱和磁场产生沿管道轴向的漏磁场,这一漏磁场由安装在探头中部的磁敏感元件检测到,再进行后续处理。纵向缺陷检测探头为圆周结构,磁铁在管道的周向局部地磁化管壁,磁敏检测元件沿管道轴向排列。

为了同时实现纵横向缺陷的检测,可以将横向探头和纵向探头固连在一起,如图 5 所示。这样,使管道按一定的螺旋轨迹前进并穿过探头时,传感器沿轴向和圆周方向排布成阵列形式,即可实现全方位缺陷的探测。

如图 6 所示,由于单片磁敏感元件所能感受的磁场面积有限,因此实际装置中可以通过聚磁器扩大单片元件的覆盖范围,简化测量结构和降低检测成本,提高测量的灵敏度和信噪比。同时将传感器采用双排排列,可以防止两个传感器之间出现死区,进一步提高检测灵敏度。图 7 为综合检测方案中设计的传感器的阵列排布方式,使传感器放置的方向与管道前进方向相互垂直,该方式在管道螺旋前进过程中可以提高传感器扫过的有效面积,节省资源并提高检测效率。

3 传输装置

由于管道质量较大且有一定长度,所以对管道的旋进速度控制要求非常高。本设计实现管道旋进的方法是通过电机驱动传送轮带动管道前行。通常情况下,传送轮的旋转平面与管道前进方向平行,这样只能实现管道直线前进。如果将传送轮转一个角度,使旋转平面与管道轴线方向的夹角为 ω ,传送轮给管道的驱动力就可以分为沿轴向和周向两个分量,从而使管道螺旋前进,如图 8 所示。

但由于两个传输轮不能将管道固定住,可能会使得管道左右摆动,所以设计了三个传送轮同时作用,如图 9 所示。为了方便,可以设计其中一个作为主动轮,而其余的都作为被动轮,这样只要传送轮和管道之间保持一定的摩擦力,就可以使得管道能保持稳定的螺旋速度前进^[10]。

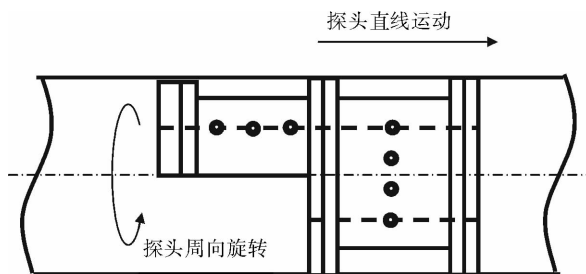


图 5 综合检测方案示意图

Fig. 5 Sketch of comprehensive detection program

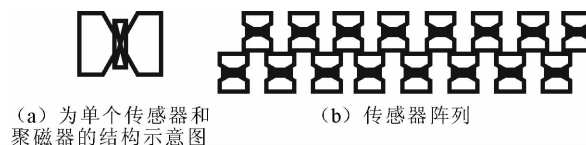


图 6 Hall 传感器排布方式示意图

Fig. 6 Sketch of arrangement of Hall sensors

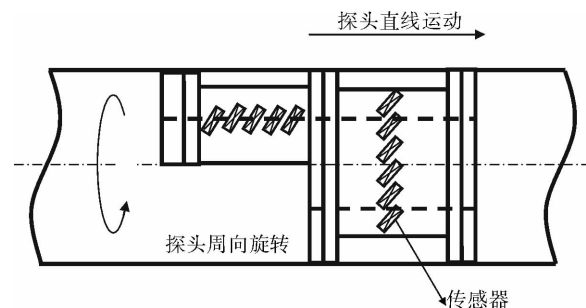


图 7 综合检测装置的传感器排布图

Fig. 7 Arrangement of Hall sensors on comprehensive detection device

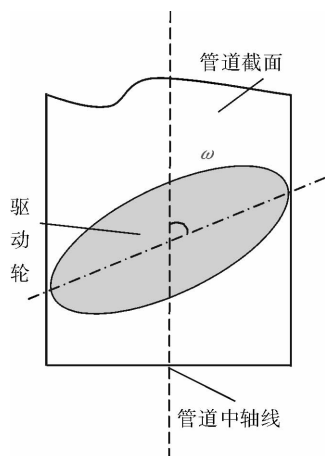


图8 管道和驱动轮的布置方式示意图

Fig. 8 Sketch of the disposition of the pipeline and driving wheel

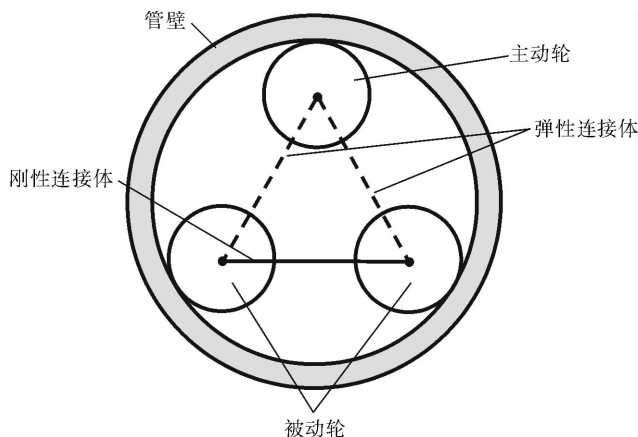


图9 管道内部驱动轮截面图

Fig. 9 Sectional figure of inner driving wheel in pipeline

为了使管道螺旋前进,采用了传送轮进行驱动。传送轮的转动利用电机控制,为了简化设计,选择直流力矩电机来完成驱动任务。检测装置中直流力矩电机所受负载和阻力是恒定的,因此转速与脉冲成正比,可以方便地进行调速。相对于交流电机,直流力矩电机调速基本原理比较简单,只要改变电机的电压就可以改变转速了。改变电压的方法很多,最常见的是PWM(pulse width modulation,脉冲宽度调制),通过调节电压的输入占空比控制电机的平均电压,从而控制转速。因此可以选择具有专用PWM输出功能的STC单片机,方便地对脉冲信号的占空比进行调制,PWM脉冲信号的占空比可以通过按键手动修改。

4 结论

针对管道内部的纵向和横向缺陷,设计了管道内部的磁化装置及其结构。装置的特点是有效地减少衔铁的使用并节省空间。此外,提出了应用体积小、灵敏度高的HW-302B传感器作为检测元件及其排布方案,可以有效防止漏检,提高检测灵敏度。为了实现对管道全长的测量,选择直流力矩电机驱动传送轮带动管道螺旋前进,并采用STC单片机来控制电机转动方向和转动速度。本设计主要集中在信号产生和采集环节,传感器检测信号的转换、处理和存储报警部分还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1]MUNDELL P,GRIMES K. A new breed of intelligent pig for the detection of defects in the long seam weld of steel pipelines [J]. Insight,1999,41(2):75-79.
- [2]KING D. Smart pigging vital to operation of Texas,northwest pipelines[J]. Pipeline & Gas Journal,1999,226(30):14-21.
- [3]何宏,江秀汉,李琳. 国外管道内腐蚀检测技术的发展[J]. 焊管,2001,24(3):27-31.
HE Hong,JIANG Xiuhuan,LI Lin. Technical development of the inner pipeline corrosion inspection abroad[J]. Welded Pipe and Tube,2001,24(3):27-31.
- [4]康宜华,武新军. 数字化磁性无损检测技术[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [5]陈正阁,王长龙,纪凤珠,等. 基于ANSYS软件的管道漏磁场分析[J]. 火力与指挥控制,2008,33(12):26-29.
CHEN Zhengge,WANG Changlong,JI Fengzhu,et al. Analysis of magnetic leakage fields of pipeline based on ANSYS software[J]. Fire Control and Command Control,2008,33(12):26-29.
- [6]解源,康宜华. 漏磁探伤信号的提取[J]. 武汉冶金科技大学学报,1997,20(4):441-444.
XIE Yuan,KANG Yihua. The capture of signal for electromagnetic nondestructive testing[J]. Journal of Wuhan University of Science and Technology,1997,20(4):441-444.